

## SURFACE ACOUSTIC WAVE FILTER

Patent Number: JP6069750  
Publication date: 1994-03-11  
Inventor(s): SATO YOSHIO; others: 03  
Applicant(s): FUJITSU LTD  
Requested Patent: JP6069750  
Application Number: JP19920220118 19920819  
Priority Number(s):  
IPC Classification: H03H9/64  
EC Classification:  
Equivalents: JP2986036B2

### Abstract

**PURPOSE:** To secure a desired input/output impedance matching degree even if an electrode against capacitance in a one terminal against surface acoustic wave resonator is set low on a surface acoustic wave filter constituted by connecting unit filters where the one terminal against surface acoustic wave resonators are connected to the parallel arms and the serial arms of ladders for more than one stage in a ladder type.

**CONSTITUTION:** In the surface acoustic wave filter which consists of a first resonator 10 connected to the parallel arm of the ladder type and a second resonator 20 connected to the serial arm and which makes a wave to pass through the band of prescribed width, in which a filter center frequency  $f_0$  (MHz) is set to be a center, the relation of the first resonator 10 and the second resonator 20 with the electrode against capacitance  $C_{op}$  (pF) and  $C_{os}$  (pF) is decided within the range of a band where a primary expression  $C_{op} = -0.28C_{os} + 3448/f_0$  is set to be the center, and a numerical value obtained by dividing a constant decided in accordance with a permissible filter reflectance by the filter center frequency  $f_0$  is set to be the upper limit/lower limit of the range in the band.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-69750

(43) 公開日 平成6年(1994)3月11日

(51) Int.Cl.<sup>5</sup>

H 0 3 H 9/64

識別記号

庁内整理番号

Z 7259-5 J

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平4-220118

(22) 出願日 平成4年(1992)8月19日

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

(72) 発明者 佐藤 良夫

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

富士通株式会社内

(72) 発明者 伊形 理

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

富士通株式会社内

(72) 発明者 宮下 勉

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

富士通株式会社内

(74) 代理人 弁理士 福島 康文

最終頁に続く

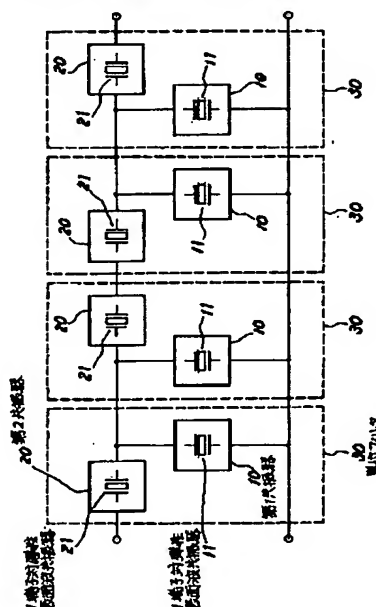
(54) 【発明の名称】 弾性表面波フィルタ

(57) 【要約】

【目的】 1端子対弾性表面波共振器を梯子の並列腕と直列腕に接続した単位フィルタを梯子型に1段以上連結してなる弾性表面波フィルタに関し、1端子対弾性表面波共振器における電極対静電容量を低く設定した場合でも、所望の入出力インピーダンス整合度を確保可能とすることを目的とする。

【構成】 梯子型の並列腕に接続された第1共振器10と、直列腕に接続された第2共振器20からなり、フィルタ中心周波数  $f_0$  (MHz) を中心とする所定幅の帯域を通過させる弾性表面波フィルタにおいて、第1共振器10と第2共振器20の電極対静電容量  $C_{op}$  (pF)、 $C_{os}$  (pF) との関係、を一次式、 $C_{op} = -0.28C_{os} + 3448/f_0$  を中心とする帯状の範囲内に定め、かつ許容できるフィルタ反射率に応じて定めた定数をフィルタ中心周波数  $f_0$  で割った数値を、前記帯状の範囲の上限および下限と定めた構成とする。

本発明の弾性表面波フィルタの基本構成



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 所定の共振周波数と反共振周波数を設定した1端子対弾性表面波共振器(11)を有する第1共振器(10)を並列腕に接続し、第1共振器の反共振周波数にほぼ一致させた共振周波数を設定した1端子対弾性表面波共振器(21)を有する第2共振器(20)を直列腕に接続した単位フィルタ(30)を、梯子型に1段以上連結して構成され、フィルタ中心周波数 $f_0$ (MHz)を中心とする所定幅の帯域を通過させる弾性表面波フィルタにおいて、

第1共振器(10)の1端子対弾性表面波共振器(11)の電極対静電容量 $C_{op}$ (pF)と第2共振器(20)の1端子対弾性表面波共振器(21)の電極対静電容量 $C_{os}$ (pF)との関係を、一次式、

$$C_{op} = -0.28C_{os} + 3448 / f_0$$

を中心とする帯状の範囲内に定め、かつ、許容できるフィルタ反射率に応じて定めた定数をフィルタ中心周波数 $f_0$ で割った数値を、前記帯状の範囲の上限および下限と定めたことを特徴とする弾性表面波フィルタ。

【請求項2】 所定の共振周波数と反共振周波数を設定した1端子対弾性表面波共振器を有する第1共振器を並列腕に接続し、第1共振器の反共振周波数にほぼ一致させた共振周波数を設定した1端子対弾性表面波共振器を有する第2共振器を直列腕に接続した単位フィルタを、梯子型に1段以上連結して構成され、フィルタ中心周波数 $f_0$ (MHz)を中心とする所定幅の帯域を通過させる弾性表面波フィルタにおいて、

第1共振器の1端子対弾性表面波共振器の電極対静電容量 $C_{op}$ (pF)と第2共振器の1端子対弾性表面波共振器の電極対静電容量 $C_{os}$ (pF)と望ましいフィルタ入出力インピーダンス $R$ ( $\Omega$ )との関係を、一次式、

$$C_{op} = -0.28C_{os} + 1.728 \times 10^5 / (f_0 \cdot R)$$

を中心とする帯状の範囲内に定め、かつ、許容できるフィルタ反射率に応じて定めた定数をフィルタ中心周波数 $f_0$ と望ましいフィルタ入出力インピーダンス $R$ の積で割った数値を、前記帯状の範囲の上限および下限と定めたことを特徴とする弾性表面波フィルタ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、1端子対弾性表面波共振器を梯子の並列腕と直列腕に接続した単位フィルタを、梯子型に1段以上連結してなる弾性表面波フィルタ、詳しくは、透過周波数領域における入出力インピーダンスを望ましい水準(例えば50 $\Omega$ )に調整した弾性表面波フィルタに関する。

## 【0002】

【従来の技術】 圧電材料の表面を伝播する弾性表面波を仲介して電気的な高周波信号を制御する様々な機能素子、例えば、周波数選択素子、フィルタ素子、共振器、遅延素子が実用化されており、TVのIFフィルタ、V

2

TRの発振器用の共振器、コードレス電話用VCO、移動体無線のRF部のバンドパスフィルタ等に応用されている。

【0003】 これらの機能素子は、互い違いに組み合わせて圧電材料基板の表面に固定した一対の櫛形電極を1組、または、弾性表面波の進行方向に並べて複数組有する。櫛形電極は、櫛形電極のピッチに依存した共振周波数において、電気的な高周波信号を弾性表面波に変換し、また、弾性表面波を電気的な高周波信号に変換する。

【0004】 半導体製造技術から転用した微細加工技術を用いて、櫛形電極のピッチを1 $\mu$ m以下にも設定できるため、弾性表面波を扱う素子は、機械的な寸法限界が10 $\mu$ mを越える水晶共振器や圧電セラミック共振器に比較して、高い周波数で機能させることができる。

【0005】 1端子対弾性表面波共振器は、圧電材料基板の表面に固定された1組の櫛形電極で構成され、弾性表面波による圧電材料基板の共振状態を利用して、特定の周波数成分、すなわち、圧電材料の音響特性、櫛形電極のピッチ等で定められた共振周波数に対する櫛形電極間のインピーダンスを著しく低下させ、別の特定の周波数成分、すなわち、反共振周波数に対する櫛形電極間のインピーダンスを著しく増大させる。

【0006】 従来の水晶振動子を用いた梯子型フィルタにおける水晶共振器を、1端子対弾性表面波共振器にそのまま置き換えた表面弾性波フィルタが、特開昭52-19044号公報に提案されている。この形式の表面弾性波フィルタは、構造が簡単で製作が容易であるにもかかわらず、FM放送電波等の相当に高い周波数の領域においても特定の帯域を高い精度で選択的に通過でき、通過帯域における損失も小さい。

【0007】 一方、本発明の出願人は、先に特願平4-32270号において、この形式の表面弾性波フィルタを広帯域化し、さらに、多数の1端子対弾性表面波共振器を同一基板上に配置して、弾性表面波フィルタ全体を1つのパッケージに収納する技術を提案した。

【0008】 この形式の弾性表面波フィルタは、所定の共振周波数と反共振周波数を設定した1端子対弾性表面波共振器を有する第1共振器を並列腕に接続し、第1共振器の反共振周波数にほぼ一致させた共振周波数を設定した1端子対弾性表面波共振器を有する第2共振器を直列腕に接続した単位フィルタを、梯子型に1段以上連結して構成され、フィルタ中心周波数 $f_0$ (MHz)を中心とする所定幅の帯域を通過させるものである。この形式の弾性表面波フィルタは、例えば、移動体無線のRF部のバンドパスフィルタへの応用が検討されている。

【0009】 この形式の表面弾性波フィルタを無線機器のRF部に使用する場合、捕捉した電波による微弱な電気信号を取り扱うため、表面弾性波フィルタ自身の挿入損失が低いと同時に、表面弾性波フィルタの入力側と出

力側の両方でRF回路側とのインピーダンスが良く整合していることが必要である。

【0010】無線機器のRF部では、通常、バンドパスフィルタの入力端における整合度に対してVSWR（電圧定在波比）と言う一定の制限が設けられており、この整合度を満たさない場合、すなわち、バンドパスフィルタの入力側でインピーダンスが適合していない場合、バンドパスフィルタの入力端における電力の反射が増大して十分な出力が得られない。

【0011】また、バンドパスフィルタの出力側でインピーダンスが整合しない場合、バンドパスフィルタの出力端に反射による大きな電圧定在波が形成され、下流段の増幅器が破壊される可能性がある。

【0012】従って、無線機器のRF部に表面弾性波フィルタを採用する場合、表面弾性波フィルタの入出力インピーダンスを調整して、フィルタ中心周波数を中心とする所定幅の帯域で、許容できる所定の範囲内に納めることが重要な設計項目となる。例えば、移動体無線のRF部のバンドパスフィルタでは、入出力インピーダンスを50オームに整合することが重要な設計項目である。

【0013】1端子対弾性表面波共振器を梯子型に接続した表面弾性波フィルタにおける一般的な入出力インピーダンスの調整方法は、従来の水晶共振器を用いた梯子型フィルタにおける入出力インピーダンスの調整方法をそのまま転用した方法である。

【0014】すなわち、1端子対弾性表面波共振器をLC共振回路に置き換えた表面弾性波フィルタの等価回路を用いて、表面弾性波フィルタの入出力インピーダンスを代数演算し、望ましい入出力インピーダンスが得られる1端子対弾性表面波共振器の電極対容量が決定される。そして、この電極対容量に基づいて電極対の対数と開口寸法が設計される。

【0015】具体的には、通過帯域の中心周波数 $f_0$ に対する角周波数を $\omega_0$ とし、通過帯域を通じた望ましいインピーダンスを $R$ とすると、梯子の並列腕に接続された1端子対弾性表面波共振器の電極対静電容量 $C_{op}$ (pF)と、梯子の直列腕に接続された1端子対弾性表面波共振器の電極対静電容量 $C_{os}$ (pF)の積が $(1/\omega_0^2 R^2)$ となるように、電極対静電容量 $C_{op}$ と電極対静電容量 $C_{os}$ の組み合わせを選択する。

【0016】電極対静電容量 $C_{op}$ と電極対静電容量 $C_{os}$ の積を $(1/\omega_0^2 R^2)$ とすれば弾性表面波フィルタの入出力インピーダンスが通過帯域を通じてほぼ $R\Omega$ になる理由を次に説明する。

【0017】図9は一般的な梯子型バンドパスフィルタの構成を示す図、図10は図9の梯子型バンドパスフィルタの特性を示す図である。図9中、(a)は一般的な梯子\*

$$Z_s \cdot Z_p = R^2$$

が満たされる必要がある（エレクトロニクス選書「フィルタの理論と設計」、柳沢 他、産報出版、P203、(197

\*型バンドパスフィルタの回路図、(b)は(a)図の単位フィルタ1段を等価回路表示した回路図である。また、図10中、(a)は図9(a)における並列腕に接続された共振器と直列腕に接続された共振器のインミタンス周波数特性の線図、(b)図は図9(a)の梯子型バンドパスフィルタの通過特性を示す図である。

【0018】図9(a)において、一般的な梯子型バンドパスフィルタは、単位フィルタ60を梯子型に多段に連結して構成され、単位フィルタ60の梯子の直列腕には音響共振素子51、並列腕には音響共振素子41がそれぞれ接続される。

【0019】図9(b)において、図9(a)の音響共振素子51は、インピーダンス $Z_s$ のLC共振回路52に等価回路表示される。LC共振回路52は、音響共振素子51の端子対静電容量 $C_{os}$ のコンデンサ55と並列に、容量 $C_{is}$ のコンデンサ53とリアクタンス $L_{is}$ の直列共振回路を接続したもので、容量 $C_{is}$ およびリアクタンス $L_{is}$ は、LC共振回路52の周波数特性が音響共振素子51の周波数特性に一致するように定められる。

【0020】一方、音響共振素子41は、インピーダンス $Z_p$ のLC共振回路42に等価回路表示される。LC共振回路42は、音響共振素子41の端子対静電容量 $C_{op}$ のコンデンサ45と並列に、容量 $C_{ip}$ のコンデンサ43とリアクタンス $L_{ip}$ の直列共振回路を接続したもので、容量 $C_{ip}$ およびリアクタンス $L_{ip}$ は、このLC共振回路42の周波数特性が音響共振素子41の周波数特性に一致するように定められる。

【0021】図10(a)において、図9(a)の梯子型バンドパスフィルタに中心周波数 $f_0$ を中心とする通過帯域を設定するために、単位フィルタ60を構成する音響共振素子51の共振周波数 $f_{rs}$ と音響共振素子41の反共振周波数 $f_{ap}$ を、中心周波数 $f_0$ の近傍ではば一致させる。

【0022】図10(b)において、図9(a)の梯子型バンドパスフィルタは、中心周波数 $f_0$ を中心として、音響共振素子51の反共振周波数 $f_{as}$ をほぼ上限、音響共振素子41の共振周波数 $f_{rp}$ をほぼ下限とする通過帯域を有し、単位フィルタ60の段数を増せば、通過帯域と遮断帯域の減衰量の差が拡大する。

【0023】さて、図9(a)の梯子型バンドパスフィルタの入出力インピーダンスは、単位フィルタ60の入出力インピーダンスに一致するから、梯子型バンドパスフィルタの入出力インピーダンスが、その通過帯域（バンドパス帯域）を通じて公称インピーダンス $R\Omega$ に一致するには、図9(b)の等価回路のLC共振回路42、52について定K形フィルタの条件式、

$$\dots(1)$$

4). )。

【0024】ここで、(1)式中のインピーダンス $Z_s$ 、 $Z_p$

5

は、図9(b)のLC共振回路52における共振周波数 $f_{rs}$ に相当する共振角周波数 $\omega_{rs}$ 、反共振周波数 $f_{as}$ に相当する反共振角周波数 $\omega_{as}$ 、および、LC共振回路42\*

$$Z_s = (\omega^2 - \omega_{rs}^2) / [j\omega \cdot \text{Cos}(\omega^2 - \omega_{as}^2)] \quad \dots(2)$$

$$Z_p = (\omega^2 - \omega_{rp}^2) / [j\omega \cdot \text{Cop}(\omega^2 - \omega_{ap}^2)] \quad \dots(3)$$

と表現される。また、(2)、(3)式中の共振周波数 $\omega_{rs}$ 、※ $\omega_{rp}$ 、反共振周波 $\omega_{as}$ 、 $\omega_{ap}$ はそれぞれ、

$$\omega_{rs} = 1 / (L_{1s} \cdot C_{1s})^{1/2} \quad \dots(4)$$

$$\omega_{rp} = 1 / (L_{1p} \cdot C_{1p})^{1/2} \quad \dots(5)$$

$$\omega_{as} = \omega_{rs} (1 + C_{1s} / \text{Cos})^{1/2} \quad \dots(6)$$

$$\omega_{ap} = \omega_{rp} (1 + C_{1s} / \text{Cop})^{1/2} \quad \dots(7)$$

である。ところで、図9(b)のLC共振回路52の共振周波数 $\omega_{rs}$ とLC共振回路42の反共振周波数 $\omega_{ap}$ はほ

【0025】

ぼ一致させてあるから、 $\omega_{rs} = \omega_{ap}$ として、(1)式は、★

$$Z_s \cdot Z_p = (\omega^2 - \omega_{rp}^2) / [\omega^2 \cdot \text{Cop} \cdot \text{Cos}(\omega_{as}^2 - \omega^2)] \quad \dots(8)$$

一方、通過帯域の中心周波数 $f_0$ に対する角周波数を、☆ $\omega_0 (= 2\pi f_0)$ とすれば、

$$\omega_0 - \omega_{rp} \approx \omega_{as} - \omega_0 \quad \dots(9)$$

の関係にあるから、 $\Delta\omega = (\omega_{as} - \omega_{rp}) / 2$ と置けば、中心周波数 $f_0$ の近傍における(1)式の条件は、さ◆

【0026】

$$Z_s \cdot Z_p = (2\omega_0 - \Delta\omega) / [\omega_0^2 \cdot \text{Cop} \cdot \text{Cos}(2\omega_0 - \Delta\omega)] = R^2 \quad \dots(10)$$

ここで、梯子型フィルタのおおよその帯域幅を示す $\Delta\omega$  20\*次のように簡略化される。

【0027】

は、フィルタの中心周波数 $f_0$ に対する角周波数 $\omega_0$ に比べて小さく、 $2\omega_0 \gg \Delta\omega$ であるから、(10)式はさらに\*

$$1 / (\omega_0^2 \cdot \text{Cop} \cdot \text{Cos}) \approx R^2 \quad \text{一定} \quad \dots(11)$$

つまり、フィルタの中心周波数 $f_0$ が決まれば、あとは $\text{Cop}$ と $\text{Cos}$ の関係を調整すればインピーダンス整合を図ることができる。

【0028】そして、必要な電極対静電容量 $C_0$  ( $C_0 \approx$

$$C_0 = 2 \times C_{00} \times 1 \times N \quad \dots(12)$$

ここで、櫛の歯1本当りの静電容量 $C_{00}$ は、櫛の歯幅と★ $\star$ 対向間隔が等しい場合は、

$$C_{00} = 2 \times 10^{-2} \text{ (pF/100}\mu\text{m)} \quad \dots(13)$$

である(「電極つい数重みづけ法による携帯電話用SAWフィルタの開発」、佐藤良夫他、電気学会論文誌C、11巻9号、pp396-403、(1991)。)。

【0030】

【発明が解決しようとする課題】しかし、電極対静電容量 $\text{Cop}$ (pF)と電極対静電容量 $\text{Cos}$ (pF)の積が $(1/\omega_0^2 R^2)$ となる電極対静電容量 $\text{Cop}$ と電極対静電容量 $\text{Cos}$ の組み合わせを選択した設計であっても、弾性表面波フィルタを実際に製作して入出力インピーダンスを計測してみると、弾性表面波フィルタの通過帯域を通じた入出力インピーダンスは、必ずしも望ましいインピーダンス $R$ の範囲内に納まらないことが判明した。

【0031】特に、直列腕の1端子対弾性表面波共振器の電極対静電容量を低く設定した場合、すなわち、直列腕の1端子対弾性表面波共振器の電極対の櫛型電極において対数 $N$ が少なく、開口長 $l$ が短い場合、弾性表面波フィルタの入出力インピーダンスは、許容できる範囲を大幅に逸脱する。

【0032】従来の設計方法に基づいて製作された弾性表面波フィルタにおいて、多くの場合、実測された入出力

\*における共振周波数 $f_{rp}$ に相当する共振角周波数 $\omega_{rp}$ 、反共振周波数 $f_{ap}$ に相当する反共振角周波数 $\omega_{ap}$ を用いて、

★次のように変形される。

◆らに次のように変形される。

※ $p$ 、 $\text{Cos}$ )は、櫛型電極を構成する櫛の歯1本当りの静電容量を $C_{00}$ とすると、次式によって、電極対の対数 $N$ と開口長 $l$ により設計される。

【0029】

カインピーダンスは、許容できる範囲ではあるが最適ではない。そして、弾性表面波フィルタを実際に製作した後では、弾性表面波フィルタの帯域特性に悪影響を与えないで、独立に入出力インピーダンスだけを調整することは不可能である。

【0033】本発明の技術的課題は、このような問題に着目し、通過帯域を通じた入出力インピーダンスを、確実に望ましいインピーダンス $R$ の範囲に納めることができ、弾性表面波フィルタを装入する回路とのインピーダンス整合度を自在に操作できて、通過帯域における入出力インピーダンスの整合度を容易に高められる弾性表面波フィルタ、特に、直列腕の1端子対弾性表面波共振器における電極対静電容量を低く設定した場合でも所望の入出力インピーダンス整合度を確保できる弾性表面波フィルタを実現することにある。

【0034】

【課題を解決するための手段】図1は請求項1の弾性表面波フィルタの基本構成を示す図である。図1に示すように、請求項1の弾性表面波フィルタは、所定の共振周波数と反共振周波数を設定した1端子対弾性表面波共振

器11を有する第1共振器10を並列腕に接続し、第1共振器の反共振周波数にほぼ一致させた共振周波数を設定した1端子対弾性表面波共振器21を有する第2共振器20を直列腕に接続した単位フィルタ30を、梯子型に1段以上連結して構成され、フィルタ中心周波数 $f_0$  (MHz)を中心とする所定幅の帯域を通過させる弾性表面波フィルタを対象とする。

【0035】そして、第1共振器10の1端子対弾性表面波共振器11の電極対静電容量 $C_{op}$ (pF)と第2共振器20の1端子対弾性表面波共振器11の電極対静電容量 $C_{os}$ (pF)との関係を、一次式、  

$$C_{op} = -0.28C_{os} + 3448 / f_0$$

を中心とする帯状の範囲内に定め、かつ、許容できるフィルタ反射率に応じて定めた定数をフィルタ中心周波数 $f_0$ で割った数値を、前記帯状の範囲の上限および下限と定めたものである。

【0036】請求項2の弾性表面波フィルタは、所定の共振周波数と反共振周波数を設定した1端子対弾性表面波共振器を有する第1共振器を並列腕に接続し、第1共振器の反共振周波数にほぼ一致させた共振周波数を設定した1端子対弾性表面波共振器を有する第2共振器を直列腕に接続した単位フィルタを、梯子型に1段以上連結して構成され、フィルタ中心周波数 $f_0$  (MHz)を中心とする所定幅の帯域を通過させる弾性表面波フィルタを対象とする。

【0037】そして、第1共振器の1端子対弾性表面波共振器の電極対静電容量 $C_{op}$ (pF)と第2共振器の1端子対弾性表面波共振器の電極対静電容量 $C_{os}$ (pF)と望ましいフィルタ入出力インピーダンス $R$  ( $\Omega$ )との関係を、一次式、

$$C_{op} = -0.28C_{os} + 1.728 \times 10^5 / (f_0 \cdot R)$$

を中心とする帯状の範囲内に定め、かつ、許容できるフィルタ反射率に応じて定めた定数をフィルタ中心周波数 $f_0$ と望ましいフィルタ入出力インピーダンス $R$ の積で割った数値を、前記帯状の範囲の上限および下限と定めたものである。

【0038】ここで、1端子対弾性表面波共振器を有する共振器は、1端子対弾性表面波共振器を広帯域化する目的で追加されたリアクタンス、1端子対弾性表面波共振器の結線が持つリアクタンス等を含む可能性を有する。また、フィルタ反射率に応じて定める定数は、より一般的には、反射係数 $\Gamma$ を用いて定義できる。

【0039】例えば、通常のRF回路では、許容できる限界の反射係数 $\Gamma$ とVSWR (電圧定在波比)の関係は、

$$\Gamma = (VSWR - 1) / (VSWR + 1)$$

で表わされる。特に、移動体無線のRF部のバンドパスフィルタの通常の仕様では $VSWR < 2$ が基準になることが多く、この場合の許容できる限界の反射係数 $\Gamma$ は0.333である。

【0040】そして、許容できる限界の反射係数 $\Gamma$ を0.333とした場合、「帯状の範囲の上限および下限を定める、許容できる限界の反射係数 $\Gamma$ に応じて定めた定数」は、フィルタ中心周波数 $f_0$  (MHz)、および望ましいフィルタ入出力インピーダンス $R$  ( $\Omega$ )を用いて、実験によって、

$$\pm 3.73 \times 10^4 / (f_0 \cdot R)$$

となることが確認されている。

【0041】さらに、フィルタ入出力インピーダンス $R$ を50 $\Omega$ に調整する場合、この定数は、実験によって、

$$\pm 746 / (f_0)$$

となることが確認されている。

【0042】

【作用】従来の弾性表面波フィルタでは、等価回路を用いた解析的な演算操作に基づいて、電極対静電容量 $C_{os}$ と電極対静電容量 $C_{op}$ の関係を定め、入出力インピーダンスを所定の値 (例えば50 $\Omega$ )に調整しようとしたのに対して、本発明の弾性表面波フィルタでは、実験式を用いた簡単な演算を通じて、電極対静電容量 $C_{os}$ と電極対静電容量 $C_{op}$ の関係を定めている。

【0043】この実験式は、電極対静電容量 $C_{os}$ と電極対静電容量 $C_{op}$ と入出力インピーダンスの関係を実験的に求めたもので、電極対静電容量 $C_{os}$ と電極対静電容量 $C_{op}$ の組み合わせを種々に異ならせた弾性表面波フィルタを実際に試作し、それぞれの弾性表面波フィルタについて入出力インピーダンスを測定した結果として得られたもので、入出力インピーダンスが所定の値となるための、電極対静電容量 $C_{os}$ と電極対静電容量 $C_{op}$ の関係を、使い易い一次式にまとめたものである。

【0044】従って、本発明の弾性表面波フィルタでは、電極対静電容量 $C_{os}$ と電極対静電容量 $C_{op}$ の組み合わせ条件を、この実験式を用いて設定し、その後は、従来の設計手法をそのまま用いて、圧電材料の選択、電極対の対数と機械寸法の決定等を行なって、それぞれの電極対静電容量を実現する。

【0045】このような操作を通じて、弾性表面波フィルタのバンドパス帯域における入出力インピーダンスを所望の値を中心とする許容範囲、例えば、任意に定めた許容できる限界の反射係数 $\Gamma$ を上限および下限とする範囲に納める。

【0046】請求項1の弾性表面波フィルタでは、移動体無線のRF部のバンドパスフィルタを含む多くのバンドパスフィルタにおける入出力インピーダンスが50 $\Omega$ に調整されることに着目して、入出力インピーダンスが50 $\Omega$ を中心とする所定の範囲内に納まる直列腕の1端子対弾性表面波共振器の静電容量と並列腕の1端子対弾性表面波共振器の静電容量との関係が実験式化されている。

【0047】請求項2の弾性表面波フィルタでは、入出力インピーダンスを任意の $R$   $\Omega$ に調整する場合の直列腕の1端子対弾性表面波共振器の静電容量と並列腕の1端

子対弾性表面波共振器の静電容量との関係が実験式化されている。

【0048】

【実施例】図2は実施例の弾性表面波フィルタの回路図、図3は1端子対弾性表面波共振器の構成である。ここでは、通過帯域の中心周波数 $f_0$ 。および通過帯域幅が共通だが、梯子の直列腕の1端子対弾性表面波共振器の電極対静電容量 $C_{os}$ と並列腕の1端子対弾性表面波共振器の電極対静電容量 $C_{op}$ の組み合わせがそれぞれ異なる多数の弾性表面波フィルタを製作し、それぞれの弾性表面波フィルタの入出力インピーダンスを測定した。

【0049】図2に示すように、実施例の弾性表面波フィルタは、単位フィルタ33を梯子型に3段連結したものである。単位フィルタ33は、梯子の直列腕に1端子対弾性表面波共振器23を、並列腕に1端子対弾性表面波共振器13を接続して構成され、1端子対弾性表面波共振器23の共振周波数 $f_{rs}$ と、1端子対弾性表面波共振器13の反共振周波数 $f_{ap}$ とは、通過帯域の中心周波数 $f_0 = 932\text{ MHz}$ でほぼ一致させてある。リアクタンス $L_i$ 、 $L_o$ 、 $L_a$ は、後述するワイヤリングによって発生した意図せざる成分である。

【0050】図3において、 $\text{LiTaO}_3$ の単結晶基板15の表面には、一対の櫛形電極16、17が、櫛の歯を交互にする形式で形成される。櫛形電極16、17は、同一のピッチ $\lambda$ と櫛の歯の幅 $\lambda/4$ を有し、櫛の歯の対向間隔はそれぞれ $\lambda/4$ である。一対の櫛形電極16、17は、基板15上に $\text{Al}$ 薄膜(約3000Å)を形成し、フォトリソグラフィ法で櫛形パターンを形成し、不必要部分をエッチングして得た。

【0051】図2の弾性表面波フィルタに用いられる合計6個の1端子対弾性表面波共振器13、23は、実際には、 $1.5\text{ mm} \times 2\text{ mm}$ の基板15上に、それぞれの弾性表面波の進行方向を避ける形式で配置されており、基板15全体を1個のICパッケージに搭載して、基板15上のボンディングパッドからICパッケージ側のリードフレームまでを、図2の $L_i$ 、 $L_o$ 、 $L_a$ の部分で、直径 $25\text{ }\mu\text{ m}$ 、長さ約 $1\text{ mm}$ 位のワイヤにより接続している。従って、リアクタンス $L_i$ 、 $L_o$ 、 $L_a$ は、それぞれ、ワイヤによる約 $1.5\text{ nH}$ である。

【0052】図3の1端子対弾性表面波共振器13、23は、櫛形電極16、17の周期 $\lambda$ を異ならせることで、それぞれの共振周波数 $f_{rs}$ 、 $f_{rp}$ 、反共振周波数 $f_{as}$ 、 $f_{ap}$ を得ている。また、櫛形電極16、17の周期 $\lambda$ に関連づけて開口長 $l$ および対数 $n$ を定めて、それぞれの電極対静電容量 $C_{os}$ 、 $C_{op}$ を調整する。

【0053】まず、後述する図7の $C_{op}/C_{os}$ 比 $=0.75$ の直線に沿って定めた $C_{os}$ と $C_{op}$ の組み合わせ例3つの実験結果を示す。

【0054】図4は電極対静電容量 $C_{os}$ 、 $C_{op}$ をそれぞれ $2.1\text{ }\mu\text{ F}$ 、 $1.6\text{ }\mu\text{ F}$ に設定した場合の説明図、図5は

電極対静電容量 $C_{os}$ 、 $C_{op}$ をそれぞれ $3.6\text{ }\mu\text{ F}$ 、 $2.7\text{ }\mu\text{ F}$ に設定した場合の説明図、図6は電極対静電容量 $C_{os}$ 、 $C_{op}$ をそれぞれ $5.0\text{ }\mu\text{ F}$ 、 $3.7\text{ }\mu\text{ F}$ に設定した場合の説明図である。図4～図6中、(a)は櫛形電極対の設定条件、(b)は弾性表面波フィルタの周波数特性、(c)は弾性表面波フィルタの入力インピーダンス特性、(d)は弾性表面波フィルタの出力インピーダンス特性である。

【0055】また、(b)、(c)、(d)の線図中、 $\blacktriangle 1 - \blacktriangle 2$ の間が弾性表面波フィルタの通過帯域 $30\text{ MHz}$ を示す。さらに、(c)、(d)の線図は、中心を $50\text{ }\Omega$ に定めて、実軸と虚軸を含む $0\text{ }\Omega$ から $\infty\text{ }\Omega$ までのインピーダンス平面を円表示したスミスチャートと呼ばれる図で、弾性表面波フィルタの入力(出力)インピーダンスは、周波数の低い側から $\blacktriangle 1 - \blacktriangle 2$ の通過帯域 $30\text{ MHz}$ を挟んで周波数の高い側まで曲線上を連続的に移動して示される。同図中、2点鎖線で示した円は、インピーダンス $50\text{ }\Omega$ の外部回路に対する電圧在波比 $VSWR = 2$ に相当する、反射係数 $\Gamma = 0.333$ を示す。

【0056】図4～図6における櫛形電極対の設定条件は、後述する図7の $C_{op}/C_{os}$ 比 $=0.75$ の直線に沿って定めた $C_{os}$ と $C_{op}$ の組み合わせの例であり、図7では太い○印または×印で示される。

【0057】図4において、電極対静電容量 $C_{os}$ 、 $C_{op}$ をそれぞれ $2.1\text{ }\mu\text{ F}$ 、 $1.6\text{ }\mu\text{ F}$ に設定した場合、 $C_{op} \cdot C_{os} = 0.75$ の条件を満たすにもかかわらず、(c)、(d)の曲線上の $\blacktriangle 1$ と $\blacktriangle 2$ の間に、 $\Gamma = 0.333$ の円から外へはみ出した部分があり、その他の部分も $\Gamma = 0.333$ の円に近いところに位置する。従って、通過帯域を通じてインピーダンス整合が良いとは言えず、特に、はみ出した範囲では、電圧在波比 $VSWR < 2$ の規格を満たさない位、外部回路に対する弾性表面波フィルタのインピーダンス整合が悪い。

【0058】図5において、電極対静電容量 $C_{os}$ 、 $C_{op}$ をそれぞれ $3.6\text{ }\mu\text{ F}$ 、 $2.7\text{ }\mu\text{ F}$ に設定した場合、 $C_{op} \cdot C_{os} = 0.75$ の条件を満たし、かつ、(c)、(d)の曲線上の $\blacktriangle 1$ と $\blacktriangle 2$ の間の部分は、 $\Gamma = 0.333$ の円の内側はかなり中心に近いところに位置する。従って、通過帯域を通じて、外部回路に対する弾性表面波フィルタのインピーダンス整合が良い。

【0059】図6において、電極対静電容量 $C_{os}$ 、 $C_{op}$ をそれぞれ $5.0\text{ }\mu\text{ F}$ 、 $3.7\text{ }\mu\text{ F}$ に設定した場合、 $C_{op} \cdot C_{os} = 0.75$ の条件を満たすにもかかわらず、(c)、(d)の曲線上の $\blacktriangle 1$ と $\blacktriangle 2$ の間の部分は、 $\Gamma = 0.333$ の円に近い所に位置しており、 $\Gamma = 0.333$ の円から外へはみ出した部分もある。従って、通過帯域を通じてインピーダンス整合が良いとは言えず、特に、はみ出した範囲では、電圧在波比 $VSWR < 2$ の規格を満たさない位、外部回路に対する弾性表面波フィルタのインピーダンス整合が悪い。

【0060】このようにして、 $C_{op}/C_{os}$ 比を $0.75$ 以外



にも種々に異ならせ、かつ同一の  $C_{op}/C_{os}$  比の中で、 $C_{op}$  と  $C_{os}$  の組み合わせを種々に異ならせて弾性表面波フィルタを製作し、弾性表面波フィルタの入出力インピーダンスを測定した。

【0061】図7は、図4～図6の測定結果（太い○印または×印）を含む、電極対静電容量  $C_{op}$  と電極対静電容量  $C_{os}$  の組み合わせのそれぞれ異なる多数の弾性表面波フィルタの入出力インピーダンスの測定結果の説明図である。

【0062】図7において、 $C_{op}/C_{os}$  比を 2.0、1.5、1.0、0.75、0.5、0.25 の6種類に異ならせ、かつ、それぞれの  $C_{op}/C_{os}$  比について  $C_{op}$  と  $C_{os}$  の組み合わせを異ならせた弾性表面波フィルタの入出力インピーダンスを測定した結果、図中の○印の組み合わせ条件では、望ましい50Ωのインピーダンスに対して通過帯域を通じた電圧在波比  $V_{SWR} < 2$  のインピーダンス整合が得られ、×印の組み合わせ条件では電圧在波比  $V_{SWR} < 2$  のインピーダンス整合が完全には得られなかった。

【0063】従って、50Ωのインピーダンスに対して通過帯域を通じた電圧在波比  $V_{SWR} < 2$  のインピーダンス整合が得られる電極対静電容量  $C_{op}$  と電極対静電容量  $C_{os}$  の組み合わせは、図7の斜線部分にあると推定される。この斜線部分の中心は、図7から求めた実験式、

$$C_{op} = -0.28 C_{os} + 3.7$$

で表わされ、電圧在波比  $V_{SWR} < 2$  を満たす境界の上限と下限は、実験式、

$$C_{op} = -0.28 C_{os} + 3.7 \pm 0.8$$

で表わされる。

【0064】一方、入出力インピーダンス  $R$  を調整する従来の手法、すなわち、電極対静電容量  $C_{op}$  と電極対静電容量  $C_{os}$  の積が  $(1/\omega_0^2 R^2)$  となるように、電極対静電容量  $C_{op}$  と電極対静電容量  $C_{os}$  の組み合わせを定める手法によれば、望ましい入出力インピーダンス  $R$  に50Ωが選択され、通過帯域の中心角周波数  $\omega_0$  は  $2\pi \cdot 932$  MHzだから、

$$C_{op} \cdot C_{os} = 1/\omega_0^2 R^2 = 12$$

$$C_{op} = 12/C_{os}$$

である。この条件を図7に太い破線で示す。

【0065】従来の手法によって求めた関係は、 $C_{os}$  が比較的大きい領域では、本実施例で得られた  $C_{op}$  と  $C_{os}$  の組み合わせ条件に良く一致するが、反面、 $C_{os}$  の小さな領域では、本実施例で得られた  $C_{op}$  と  $C_{os}$  の組み合わせ条件と大きく異なる。そして、図4～図6の  $C_{op}/C_{os}$  比は0.75の直線に沿って定めた  $C_{os}$  と  $C_{op}$  の組み合わせにおいても、入出力インピーダンス  $R$  が50Ωにより正\*

$$C_{op} = -0.28 C_{os} + 1.728 \times 105 / (f_0 \cdot R) \pm 3.73 \times 104 / (f_0 \cdot R)$$

が得られる。

【0071】

【発明の効果】請求項1の弾性表面波フィルタによれ

\*しく整合される組み合わせ条件は、太い破線上で選択された組み合わせ条件ではなく、むしろ図5の組み合わせ条件（太い○印）である。

【0066】次に、中心周波数  $f_0 = 1900$  MHzの弾性表面波フィルタについて同様な実験を行なった。図8は、電極対静電容量  $C_{op}$  と電極対静電容量  $C_{os}$  の組み合わせの異なる弾性表面波フィルタの入出力インピーダンスの測定結果の説明図である。図8において、 $C_{op}/C_{os}$  比を、2.0、1.0、0.6、0.25の4種類に異ならせ、かつ、それぞれの  $C_{op}/C_{os}$  比について  $C_{op}$  と  $C_{os}$  の組み合わせを異ならせた弾性表面波フィルタの入出力インピーダンスを測定した結果、図中の○印では、望ましい50Ωのインピーダンスに対して通過帯域を通じた電圧在波比  $V_{SWR} < 2$  のインピーダンス整合が得られ、×印では電圧在波比  $V_{SWR} < 2$  のインピーダンス整合が完全には得られなかった。

【0067】従って、50Ωのインピーダンスに対して通過帯域を通じた電圧在波比  $V_{SWR} < 2$  のインピーダンス整合が得られる電極対静電容量  $C_{op}$  と電極対静電容量  $C_{os}$  の組み合わせは、図8の斜線部分にあると推定される。この斜線部分の中心は、実験式、

$$C_{op} = -0.28 C_{os} + 1.8$$

で表わされ、電圧在波比  $V_{SWR} < 2$  を満たす境界の上限と下限は、実験式、

$$C_{op} = -0.28 C_{os} + 1.8 \pm 0.4$$

で表わされる。

【0068】一方、入出力インピーダンス  $R$  を調整する従来の手法、すなわち、電極対静電容量  $C_{op}$  と電極対静電容量  $C_{os}$  の積が  $(1/\omega_0^2 R^2)$  となるように、電極対静電容量  $C_{op}$  と電極対静電容量  $C_{os}$  の組み合わせを定める手法によれば、望ましい入出力インピーダンス  $R$  に50Ωが選択され、通過帯域の中心角周波数  $\omega_0$  は  $2\pi \cdot 1900$  MHzであるので、

$$C_{op} \cdot C_{os} = 1/\omega_0^2 R^2 = 2.7$$

$$C_{op} = 2.7/C_{os}$$

である。この条件を図8に太い破線で示す。

【0069】ここでも、従来の手法によって求めた関係は、 $C_{os}$  が比較的大きい領域では、本実施例で得られた  $C_{op}$  と  $C_{os}$  の組み合わせ条件に良く一致するが、反面、 $C_{os}$  の小さな領域では、本実施例で得られた  $C_{op}$  と  $C_{os}$  の組み合わせ条件と大きく異なる。

【0070】結局、中心周波数  $f_0 = 932$  MHzの場合と中心周波数  $f_0 = 1900$  MHzの場合をまとめて表現すれば、

$$C_{op} = -0.28 C_{os} + 3448/f_0 \pm 746/f_0$$

となる。また、 $C_{op} \cdot C_{os} = 1/\omega_0^2 R^2$  の関係から、

$$C_{op} = 1/\omega_0^2 R^2 / C_{os}$$

ば、弾性表面波フィルタの通過帯域を通じた入出力インピーダンスを、50Ωを中心とする任意の範囲内に納めることができる。また、弾性表面波フィルタの入出力イン



ピーダンスを調整する従来の設計手法、すなわち、 $C_{op} \cdot C_{os} = 1 / \omega_0^2 R^2$  の関係を用いるよりも、 $C_{op}$ と $C_{os}$ の幅広い範囲で、精密に入出力インピーダンスを調整できるので、VSWR値が小さく、しかも低損失なフィルタを容易に実現できる。

【0072】請求項2の弾性表面波フィルタによれば、弾性表面波フィルタの通過帯域を通じた入出力インピーダンスを、任意のRQを中心とする任意の範囲内に納めることができる。また、弾性表面波フィルタの入出力インピーダンスを調整する従来の設計手法、すなわち、 $C_{op} \cdot C_{os} = 1 / \omega_0^2 R^2$  の関係を用いるよりも、 $C_{op}$ と $C_{os}$ の幅広い範囲で、精密に入出力インピーダンスを調整できるので、VSWR値が小さく、しかも低損失なフィルタを容易に実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】請求項1の弾性表面波フィルタの基本構成を示す図である。

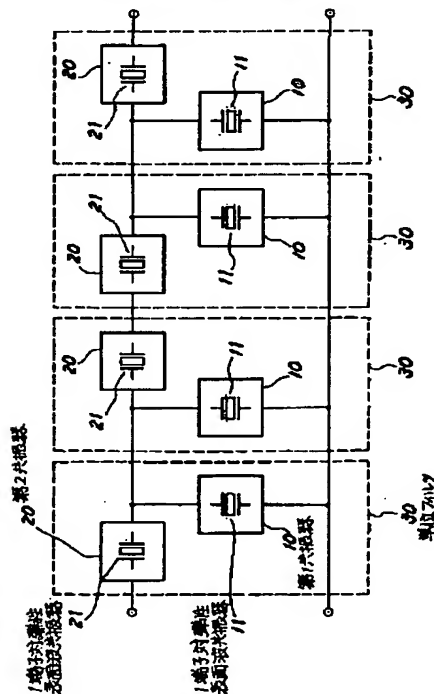
【図2】実施例の弾性表面波フィルタの回路図である。

【図3】1端子対弾性表面波共振器の構成を示す図である。

【図4】実験例1（電極対静電容量 $C_{os}$ 、 $C_{op}$ をそれぞれ $2.1\mu\text{F}$ 、 $1.6\mu\text{F}$ に設定した場合）を示す図である。

【図1】

本発明の弾性表面波フィルタの基本構成



【図5】実験例2（電極対静電容量 $C_{os}$ 、 $C_{op}$ をそれぞれ $3.6\mu\text{F}$ 、 $2.7\mu\text{F}$ に設定した場合）を示す図である。

【図6】実験例3（電極対静電容量 $C_{os}$ 、 $C_{op}$ をそれぞれ $5.0\mu\text{F}$ 、 $3.7\mu\text{F}$ に設定した場合）を示す図である。

【図7】図4～図6の入出力インピーダンスの測定結果を示す図である。

【図8】 $f_0=1900\text{MHz}$ の場合の電極対静電容量 $C_{op}$ 、 $C_{os}$ の組み合わせのそれぞれ異なる多数の弾性表面波フィルタの入出力インピーダンスの測定結果を示す図である。

【図9】一般的な梯子型バンドパスフィルタの構成を示す図である。

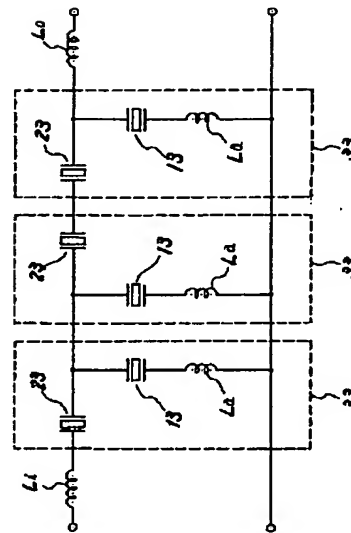
【図10】図9の梯子型バンドパスフィルタの特性を示す図である。

【符号の説明】

- 10 第1共振器
- 11 1端子対弾性表面波共振器
- 20 第2共振器
- 21 1端子対弾性表面波共振器
- 30 単位フィルタ

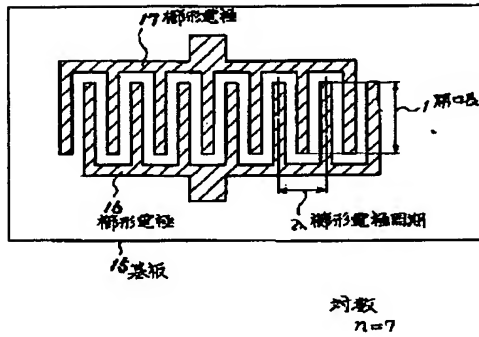
【図2】

実施例



【図3】

1端子対弾性表面波共振器の構造



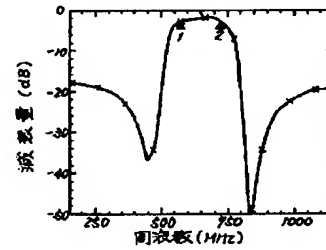
【図4】

実験例 1

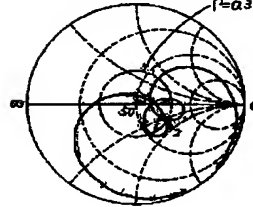
(a) 楕円電極対の設計条件

直列共振器			並列共振器		
Cos	対数	開口長	Cop	対数	開口長
2.1pF	119対	47 $\mu$ m	1.6pF	31対	129 $\mu$ m

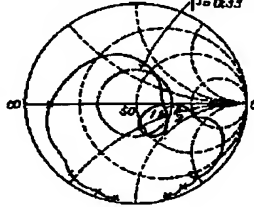
(b) 弾性表面波フィルタの周波数特性



(c) 入力インピーダンス特性

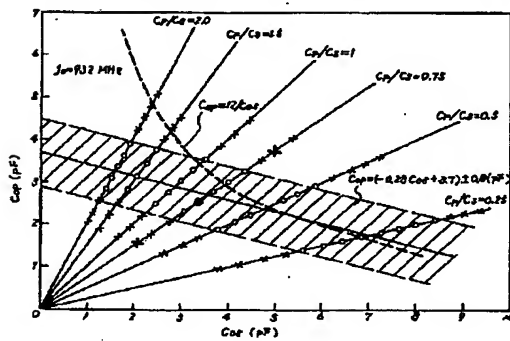


(d) 出力インピーダンス特性



【図7】

図4～図6の測定結果

インピーダンス整合(50 $\Omega$ )のはかれる最適なCop, Cosの領域

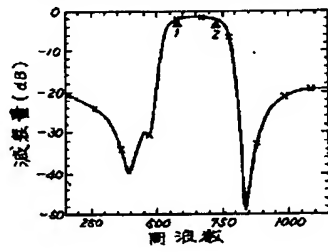
【図5】

## 実験例2

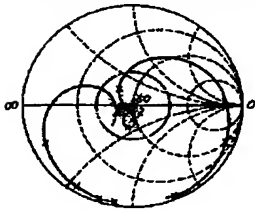
## (a) 楕円形電極対の設定条件

直列脱共振器			並列脱共振器		
CoS	対数	開口長	CoP	対数	開口長
3.6pF	14.8対	60 $\mu$ m	27pF	41対	16.3 $\mu$ m

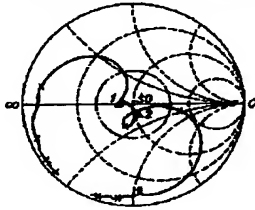
## (b) 弾性表面波フィルタの周波数特性



## (c) 入力インピーダンス特性



## (d) 出力インピーダンス特性



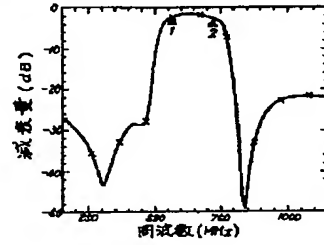
【図6】

## 実験例3

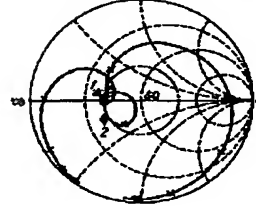
## (a) 楕円形電極対の設定条件

直列脱共振器			並列脱共振器		
CoS	対数	開口長	CoP	対数	開口長
50pF	17.3対	71 $\mu$ m	3.7pF	4.8対	19.5 $\mu$ m

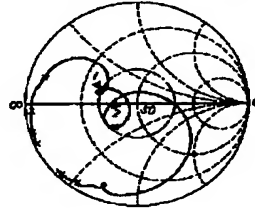
## (b) 弾性表面波フィルタの周波数特性



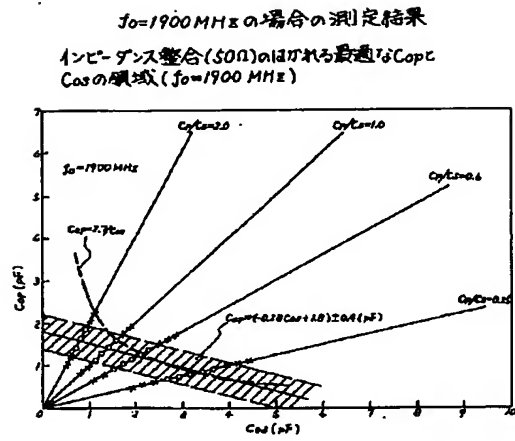
## (c) 入力インピーダンス特性



## (d) 出力インピーダンス特性



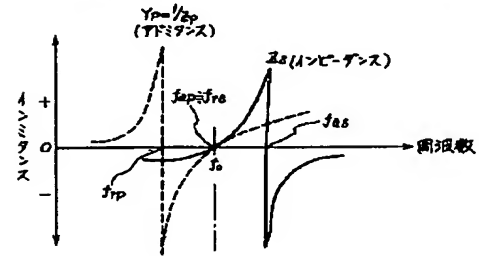
【図8】



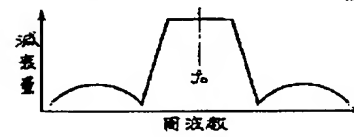
【図10】

図9のバンドパスフィルタの特性

(a) 梯子型バンドパスフィルタのインミタンス特性



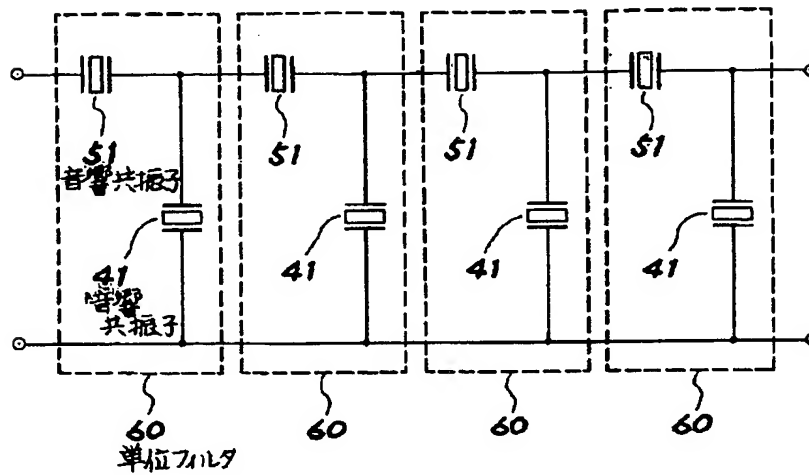
(b) 梯子型バンドパスフィルタの通過特性



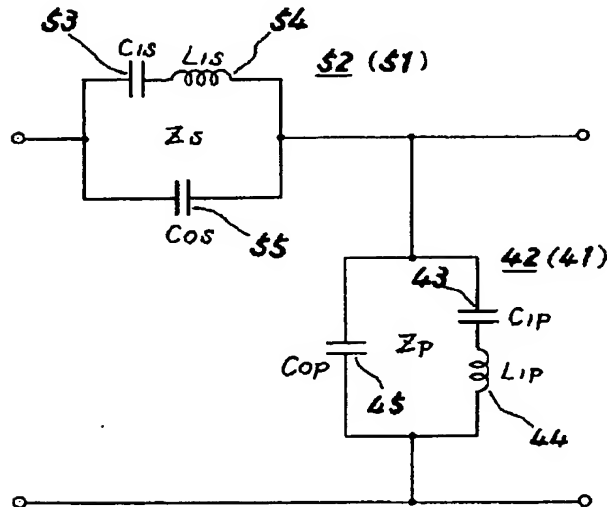
【図9】

## 一般的な梯子型バンドパスフィルタ

(a) 一般的な梯子型バンドパスフィルタの回路図



(b) 等価回路



フロントページの続き

(72) 発明者 高松 光夫  
神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地  
富士通株式会社内